

## РАЗРАБОТКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО СЫРЬЯ В ОАО «ВНИИМТ»

Л.А. Зайнуллин, В.Г. Карелин

*ОАО «Научно-исследовательский институт металлургической теплотехники» (ОАО «ВНИИМТ») (г. Екатеринбург, Россия),*

*Представлены перспективные разработки ОАО «ВНИИМТ» и результаты их реализации при подготовке железорудного сырья в черной металлургии.*

**Ключевые слова:** *металлизация, железорудное сырье, утилизация, пылеулавливание, обесфосфоривание железорудных материалов.*

*Presents the advanced development of JSC «VNIIMT» and the results of their implementation in the preparation of iron ore in the steel industry.*

**Keywords:** *metallization iron ore, waste, dust removal, obesfosforivanie iron materials.*

Ход эволюции сталеплавильных процессов предопределяет постоянно возрастающие требования к качеству металлошихты. Для получения высококачественных марок сталей требуется чистое по примесям железо (губчатое железо) в виде металлизированных окатышей, брикетов и др., получаемых способами внедоменной металлургии. Губчатое железо обладает значительными преимуществами перед скрапом: меньшая загрязненность цветными металлами и другими вредными примесями, контролируемый состав и пр.

Процессы металлизации железорудного сырья с получением губчатого железа привлекают пристальное внимание исследователей всего мира уже более века. Предложено и опробовано большое количество различных способов проведения металлизации железорудных материалов, как твердофазных, так и жидкофазных. В последние годы около 13 % мирового производства стали производится с использованием металлизированных продуктов. В России в настоящее время металлизированные окатыши получают на трех предприятиях: Оскольский электрометаллургический комбинат (в шахтной печи), Лебединский горно-обогатительный комбинат (в шахтной печи) и Михайловский завод (Иркутская область, во вращающейся печи).

На уральских металлургических заводах интенсивно развивается электрометаллургия, для которой сырьем в значительной мере является лом. При этом доля лома экономически целесообразного для сбора и последующего использования в электропечах непрерывно уменьшается и по прогнозам аналитиков к 2018 г. источники такого лома сведутся к нулю. Заменой лома может стать металлизированный железорудный продукт.

Другим возможным потребителем металлизированной железорудной продукции могут стать мини-заводы по производству арматуры. Стабильная по составу и качеству металлизированная продукция способна стать надежной заменой лома.

Третьим направлением является возможное использование технологий по утилизации пыли и шламов металлургических предприятий с применением восстановительного процесса с попутной возгонкой цинка и получением металлизированного продукта. В мировой практике такие технологии широко применяются. Но в России такая технология практически не используется.

Наконец, металлизированный продукт может быть с успехом использован и в доменном переделе, что позволяет уменьшить удельный расход кокса и увеличить производительность домны.

ОАО «ВНИИМТ» имеет большой опыт в области металлизации железорудных материалов [1]. По разработкам ОАО «ВНИИМТ» были построены опытно-промышленные установки для металлизации железорудных окатышей: шахтная печь производительностью 60 т/сут на Белорецком металлургическом комбинате и вращающаяся печь производительностью 100 т/ч в г. Кривой Рог (Украина). Многолетние исследования, проведенные в ОАО «ВНИИМТ», показали, что весьма перспективным направлением является металлизация мелкозернистого железорудного материала. Проведенные исследования показали, что богатые по железу магнетитовые концентраты при восстановлении спекаются при температуре 600–700 °С, что не позволяет реализовать такую технологию в промышленном масштабе. Но ряд железорудных материалов, содержащих в своем составе примеси, обладающие высокой температурой спекания, могут успешно восстановиться до металла без признаков спекания, что позволяет использовать такие материалы для металлизации в мелкозернистом виде без предварительного окомкования. Лабораторные и полупромышленные исследования показали, что качканарский концентрат, содержащий примесь оксида титана, успешно металлизуется без признаков спекания даже при температуре 1100 °С. А металлизированный мелкозернистый концентрат успешно брикетируется без использования связующего. Аналогичная картина наблюдается при металлизации железорудного концентрата Лисаковского месторождения (Казахстан), имеющего в составе оксид алюминия. Лисаковский концентрат успешно восстанавливается твердым восстановителем при температуре 950–1000 °С без признаков спекания. Такой же эффект проявляется и при металлизации кускового железорудного концентрата месторождения Бапы (Казахстан), имеющего в составе оксид магния. Для сравнения укажем, что при традиционной металлизации железорудных окатышей в шахтной печи спекание окатышей проявляется уже при температуре 820–830 °С, что значительно осложняет процесс металлизации. В последнее время в ОАО «ВНИИМТ» проводится разработка прямого получения «руда-чугун» с использованием высокотемпературной электропечи.

За последние годы в ОАО «ВНИИМТ» проведен комплекс исследований по обесфосфориванию железорудных материалов, в результате которых усовершенствована пиро-гидрометаллургическая технология удаления фосфора из лисаковского железорудного концентрата. В основе технологии лежит предварительный обжиг концентрата, проводимый с целью разложения фосфорсодержащего вещества и последующее выщелачивание фосфора из обожженного концентрата. Из необожженного и обожженного при температуре 400–500 °С фосфор не выщелачивается. С увеличением температуры обжига до 800 °С и выше протекает последующее выщелачивание фосфора слабым

раствором серной кислоты. По разработанной технологии можно получить концентрат с содержанием фосфора 0,15–0,20 % при исходном содержании фосфора 0,8–0,9 % [2].

Традиционно металлургическую известь получают методом обжига известняка в шахтных или вращающихся печах. При обжиге известняка в шахтных печах получают низкий удельный расход топлива, но не достигают высокого качества извести, требуемого для использования в сталеплавильном переделе. При обжиге известняка во вращающейся печи, наоборот, получают требуемое высокое качество извести, но при повышенном удельном расходе топлива. В ОАО «ВНИИМТ» разработан комбинированный способ обжига известняка [3, 4], при котором на начальной стадии обжиг известняка проводят в шахтном декарбонизаторе, а затем полупродукт перегружают во вращающуюся печь, в которой завершают обжиг с получением требуемого качества извести. В шахтном декарбонизаторе обжиг производится как за счет тепла газов, уходящих из вращающейся печи, подаваемых в верхнюю часть шахтного декарбонизатора, так и за счет дополнительно сжигаемого топлива в горелках, установленных в нижней части шахтного декарбонизатора. В последнем процесс обжига проводится до степени декарбонизации 70–80 % и заканчивается во вращающейся печи, которая имеет небольшую длину. В целом такой комбинированный агрегат позволяет устранить недостатки шахтной и вращающейся печей и использовать их преимущества. На таком комбинированном агрегате возможно получение высококачественной извести с остаточным содержанием диоксида углерода 1–3 % при удельном расходе условного топлива 150–160 кг на тонну извести.

При проведении ряда высокотемпературных технологий происходит возгонка металлов или их оксидов, например, возгонка в виде паров кадмия, цинка, свинца при плавке медно-цинковых концентратов. Улавливание таких возгонов представляется проблематичным, что значительно ухудшает экологическую обстановку на промышленном объекте. При улавливании паров возгонов из высокотемпературных газов методом десублимации (конденсации) решающее значение имеет скорость охлаждения газов. При малой скорости охлаждения происходит конденсация на крупных газовых молекулах ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) с образованием аэрозолей крупностью десятков-сотен ангстрем, которые далее не улавливаются современными крупномасштабными промышленными пылеулавливающими устройствами. При высоких скоростях охлаждения пары возгонов конденсируются на твердых частицах пыли, которые затем улавливаются в пылеуловителях. Разработаны два варианта улавливания паров возгонов [5] из высокотемпературных газов (в аппарате кипящего слоя нейтральных твердых частиц, псевдоожиженных холодным газом, например, воздухом с эффективностью улавливания возгонов 90–95 % [6], а также методом физической десублимации на холодных твердых частицах, просыпаемых через газоподъемник, в котором проходят высокотемпературные газы, содержащие пары возгонов [7]).

В ОАО «ВНИИМТ» был проведен обширный комплекс исследований и разработана возгоночно-десублимационная технология попутного извлечения германия из германийсодержащих железных руд. В технологическую основу извлечения германия из таких руд положено восстановление диоксида германия до монооксида, который обладает высокой летучестью.

Если в ходе восстановительного обжига железной руды происходит образование металлического железа, то последнее образует неограниченные твердые растворы с германием и возгонка монооксида германия резко уменьшается. Определена область совместного существования монооксида германия и вюститомagnetита, в которой возгонка монооксида германия происходит с высокой скоростью [1]. Рекомендовано процесс возгонки германия из железных руд проводить во вращающейся печи с использованием угля в качестве восстановителя [8].

Возгоночно-десублимационная технология извлечения возгонов отработана также на примерах извлечения рения из ренийсодержащих пылей и отработанных ренийсодержащих катализаторов, а также по извлечению молибдена из отработанных молибденсодержащих катализаторов. Возгоночно-десублимационную технологию можно использовать для вольфрамсодержащих и молибденсодержащих окисленных руд и некоторых платиноидов.

В промышленности широко используются барабанные сушилки для сушки углей и других сыпучих материалов. Для барабанных сушилок характерен относительно пониженный уровень теплопередачи от сушильных газов к слою материалов, что обуславливает значительные габариты и капиталовложения в изготовление барабанных сушилок. Кроме того с газами, уходящими из барабанной сушилки, выносятся существенное количество пылевых частиц высушиваемого материала, что требует использование громоздких систем пылеулавливания. В ОАО «ВНИИМТ» проводится разработка сушильного аппарата с использованием твердого (например, металлических шаров) теплоносителя. Проведенные исследования показали, что в этом случае на порядок уменьшается длительность процесса сушки и габариты сушильного аппарата, а также резко сокращаются затраты на пылеулавливающие устройства.

#### Список использованных источников

1. Карелин В.Г. Разработки ОАО «ВНИИМТ» в области восстановления (металлизации) железорудных материалов. – Сборник докладов научно-практической конференции «Металлургическая теплотехника как основа энерго- и ресурсосбережения в металлургии». – Екатеринбург, 2010. – С. 20–35.
2. Карелин В.Г., Зайнуллин Л.А., Артов Д.А., Епишин А.Ю. Перспективы эффективного вовлечения в крупномасштабное производство высококачественного железорудного, марганцевого и других видов минерального сырья Республики Казахстан. – Екатеринбург, 2013.
3. Карелин В.Г., Зайнуллин Л.А., Артов Д.А. и др. Возможности получения высококачественной извести из малопрочного известняка // *Сталь*, 2005. № 3. С. 34–35.
4. Карелин В.Г., Артов Д.А., Гоголев Ю.Ф. Система сжигания природного газа в комбинированном агрегате для обжига известняка с шахтным декарбонизатором. – Опыт и перспективы применения горелочных устройств на шахтных печах обжига известняка. – Екатеринбург, 2006. – С. 46–49.
5. Карелин В.Г., Зайнуллин Л.А. Улавливание возгонов металлов и оксидов из промышленных газов. – Экологические проблемы промышленных регионов. – Екатеринбург, 2001. – С. 110–111.
6. Карелин В.Г., Мариев С.А. Улавливание возгонов германия из высокотемпературных газов. – Теплотехническое обеспечение технологических процессов в металлургии. – Свердловск, 1990. – С. 25.
7. Карелин В.Г., Зайнуллин Л.А. Способ улавливания паров металлов и их соединений из отходящих газов металлургических агрегатов. – Патент РФ на изобретение № 2196182.
8. Карелин В.Г. Извлечение германия из железосодержащих металлургических пылей. – Переработка техногенных образований. – Екатеринбург, 1997. – С. 29.